

(19)日本国特許庁 (JP)

(12) 公開特許公報 (A)

(11)特許出願公開番号
特開2001-236879
(P2001-236879A)

(43)公開日 平成13年8月31日(2001.8.31)

(51)Int.Cl.⁷
H 01 J 9/02
C 01 B 31/02
C 23 C 14/06
H 01 J 1/304

識別記号

101

F I
H 01 J 9/02
C 01 B 31/02
C 23 C 14/06
H 01 J 1/30

テマコード*(参考)
B
101 F
N
F

審査請求 未請求 請求項の数15 O L (全 9 頁)

(21)出願番号 特願2001-1103(P2001-1103)

(22)出願日 平成13年1月9日(2001.1.9)

(31)優先権主張番号 00-668

(32)優先日 平成12年1月7日(2000.1.7)

(33)優先権主張国 韓国(KR)

(71)出願人 590002817

三星エスディアイ株式会社
大韓民国京畿道水原市八達區▲しん▼洞
575番地

(72)発明者 李亢雨

大韓民国 京畿道 水原市 八達区 靈通
洞 964-5番地 住公アパート 516棟
102号

(72)発明者 李来成

大韓民国 ソウル特別市 麻浦区 大興洞
241-12番地

(74)代理人 100064414

弁理士 磯野道造

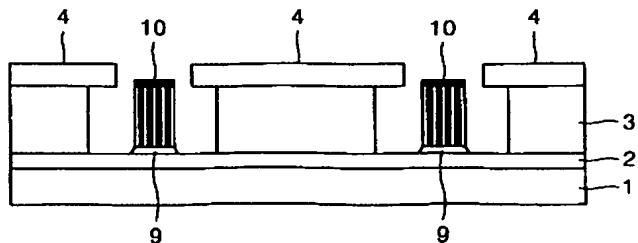
最終頁に続く

(54)【発明の名称】カーボンナノチューブを用いた3極電界放出素子の製造方法

(57)【要約】

【課題】電子放出特性に優れたカーボンナノチューブを用いた3極電界放出素子の製造方法を提供する。

【解決手段】陰極2上にベース層を形成したりまたはしない状態で触媒層9を形成し、スピント法で触媒層上にカーボンナノチューブ10を成長させる方法であつて、マイクロキャビティー6の外部の触媒層9'上には非反応層7を形成してマイクロキャビティー6の内部の触媒層9上にだけカーボンナノチューブ10を成長させることによって、分離層7を蝕刻して除去する場合にも外部のカーボンナノチューブ10が存在しないことによりカーボンナノチューブ10がマイクロキャビティー6内に流れ込むことはない。これにより、生産収率が高まると同時に生産コストが低くなる長所がある。



【特許請求の範囲】

【請求項1】 (a) 背面ガラス基板の上に陰極、絶縁層及びゲートが順に形成され、前記ゲートには開口部が形成され、この開口部の前記絶縁層にはマイクロキャビティが形成され、このような構造を有する前記ゲートの上に傾斜蒸着を行なって分離層を形成する段階と、

(b) 前記マイクロキャビティ内の陰極の上にカーボンナノチューブを成長させる際に触媒の役割を果たす触媒層を形成する段階と、

(c) 前記触媒層の上に傾斜蒸着を行なうとともに、前記マイクロキャビティ内の所定部分の触媒層を除去し、前記触媒層を除去した残りの部分の触媒層にカーボンナノチューブが形成されない部分である非反応層を形成する段階と、

(d) 前記マイクロキャビティ内の所定部分の触媒層を除去した後に残してなる触媒層の上にカーボンナノチューブを成長させる段階と、

(e) 前記分離層を除去する段階とを含むことを特徴とするカーボンナノチューブを用いた3極電界放出素子の製造方法。

【請求項2】 前記段階(a)で、前記絶縁層はSiO₂あるいはSi₃N₄をそれぞれ5～10μmの厚さに蒸着させることによって形成され、前記開口部は5～10μmの直径に形成されることを特徴とする請求項1に記載のカーボンナノチューブを用いた3極電界放出素子の製造方法。

【請求項3】 前記段階(b)で、前記触媒層はNiあるいはCoを蒸着させることによって形成されることを特徴とする請求項1に記載のカーボンナノチューブを用いた3極電界放出素子の製造方法。

【請求項4】 前記段階(c)で、前記非反応層はCr、W、Al、Mo、Siからなる群の中から選ばれた少なくとも一種で形成されることを特徴とする請求項1に記載のカーボンナノチューブを用いた3極電界放出素子の製造方法。

【請求項5】 前記段階(d)で、前記カーボンナノチューブはアーク放電法あるいはCVD法によって成長させて形成されることを特徴とする請求項1に記載のカーボンナノチューブを用いた3極電界放出素子の製造方法。

【請求項6】 (a) 背面ガラス基板の上に陰極、絶縁層及びゲートが順に形成され、前記ゲートには開口部が形成され、この開口部の前記絶縁層にはマイクロキャビティが形成され、このような構造を有する前記ゲート上に傾斜蒸着を行なって分離層を形成する段階と、

(b) 前記マイクロキャビティ内の陰極上に傾斜蒸着を行なって円錐形状のベース層を形成する段階と、

(c) 前記ベース上にカーボンナノチューブを成長させることにより触媒の役割を果たす触媒層を形成する段階と、

(d) 前記触媒層の上に傾斜蒸着を行なうとともに、前

記マイクロキャビティ内の所定部分の触媒層を除去し、前記触媒層を除去した残りの部分の触媒層にカーボンナノチューブが形成されない部分である非反応層を形成する段階と、

(e) 前記マイクロキャビティ内の所定部分の触媒層を除去した後に残してなる触媒層の上にカーボンナノチューブを成長させる段階と、

(f) 前記分離層を除去する段階とを含むことを特徴とするカーボンナノチューブを用いた3極電界放出素子の製造方法。

【請求項7】 前記段階(a)で、前記絶縁層はSiO₂あるいはSi₃N₄を5～10μmの厚さに蒸着させて形成され、前記開口部は5～10μmの直径に形成されることを特徴とする請求項6に記載のカーボンナノチューブを用いた3極電界放出素子の製造方法。

【請求項8】 前記段階(b)で、前記ベース層はAu、Pt、Nbからなる群の中から選ばれた少なくとも一種で形成されることを特徴とする請求項6に記載のカーボンナノチューブを用いた3極電界放出素子の製造方法。

【請求項9】 前記段階(c)段階で、前記触媒層はNiあるいはCoを蒸着させて形成されることを特徴とする請求項6に記載のカーボンナノチューブを用いた3極電界放出素子の製造方法。

【請求項10】 前記段階(d)段階で、前記非反応層はCr、W、Al、Mo、Siからなる群の中から選ばれた少なくとも一種で形成されることを特徴とする請求項6に記載のカーボンナノチューブを用いた3極電界放出素子の製造方法。

【請求項11】 前記段階(e)で、前記カーボンナノチューブはアーク放電法あるいはCVD法によって成長させて形成されることを特徴とする請求項6に記載のカーボンナノチューブを用いた3極電界放出素子の製造方法。

【請求項12】 (a) 背面ガラス基板の上に陰極、絶縁層及びゲートが順に形成され、前記ゲートには開口部が形成され、この開口部の前記絶縁層にはマイクロキャビティが形成され、このような構造を有する前記ゲート上に傾斜蒸着を行なって分離層を形成する段階と、

(b) 前記分離層と前記マイクロキャビティ内の陰極の上に、カーボンナノチューブを成長させる際に触媒の役割を果たす触媒層を形成する段階と、

(c) 前記分離層を除去するとともに前記分離層の上の触媒層を除去する段階と、

(d) 前記マイクロキャビティ内の触媒層の上にカーボンナノチューブを成長させることを含むことを特徴とするカーボンナノチューブを用いた3極電界放出素子の製造方法。

【請求項13】 前記段階(a)で、前記絶縁層はSiO₂あるいはSi₃N₄を厚さが5～10μmに蒸着させ

て形成され、前記開口部は直径が5～10 μmに形成されることを特徴とする請求項12に記載のカーボンナノチューブを用いた3極電界放出素子の製造方法。

【請求項14】 前記段階(b)で、前記触媒層はNiあるいはCoを蒸着させて形成されることを特徴とする請求項12に記載のカーボンナノチューブを用いた3極電界放出素子の製造方法。

【請求項15】 前記段階(d)段階で、前記カーボンナノチューブはアーク放電法あるいはCVD法で成長させて形成されることを特徴とする請求項12に記載のカーボンナノチューブを用いた3極電界放出素子の製造方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】 本発明は、電子放出特性に優れたカーボンナノチューブを用いた3極電界放出素子の製造方法に関する。

【0002】

【従来の技術】 従来の電界放出表示素子 (field emission display; FED) では、主にMoなどの金属やSiなどの半導体物質からなるスピント (Spind't) 型電界放出アレイ (field emitter array; FEA) 、すなわち一定の間隔で配列されたマイクロチップにゲートを用いて強い電場をかけることによってマイクロチップから電子を放出させる。

【0003】 このようにして放出された電子は、数百ないし数千ボルトの電圧がかかっている陽極に向けて加速され、この陽極に塗布されている蛍光体と衝突することによって光を放射する。このような従来方式の電界放出表示素子のマイクロチップに用いられる金属や半導体物質は、仕事関数が大きいために電子を放出させるために必要なゲート電圧はかなり高いものとなる。

【0004】 従って、真空中の残留ガスの粒子が電子と衝突することによってイオン化され、このようにイオン化されたガスイオンがマイクロチップの表面をたたくこと (sputtering) によってマイクロチップに損傷を与えて電子放出源としてのマイクロチップが破壊される場合がある。また、前記ガスイオンや電子が衝突することによって前記蛍光体を構成する粒子が落ちてマイクロチップが汚染され、前記電子放出源の性能を低める場合もある。

【0005】 このような一連の問題点は前記FEAの性能と寿命を縮める恐れがある。このような問題点を乗り越えるために、既存の金属や半導体物質の代わりに電子放出電圧が低くて化学的安全性に優れたカーボンナノチューブを用いてマイクロチップを製造すればFEAの性能と寿命を延長することができる。

【0006】 カーボンナノチューブを蒸着する技術としては、現在アーク放電法、レーザー溶発法 (laser

abration; レーザ・アブレーション) が最も普遍的に使われている。しかしながら、このような方法では低コストでカーボンナノチューブを大量生産するのに問題があるのみならず、構造を制御して製造することが難しいという問題点がある。

【0007】 近年、このような問題点を乗り越えるための方法として気相蒸着法が開発されており、このような方法としては熱化学気相蒸着法 (thermal CVD) (Appl. Phys. Lett., 67, 2477 (1995))、MPECVD法 (Appl. Phys. Lett., 72, 3437 (1998))、イオンビーム放射法 (Appl. Phys. Lett., 69, 4174 (1996)) などがある。

【0008】 電子放出源の材料として優れているダイヤモンド薄膜から電子を放出させることができ可能な電界が約10V/μm程度であるのに対して、カーボンナノチューブでは1V/μm以下の電界でも電子を容易に放出させることができ、このような特性を有するカーボンナノチューブは次世代の電子放出源材料として注目されている。

【0009】 図1は、既存のカーボンナノチューブを用いた電界放出表示素子の構造を概略的に示す模式的断面図である。図1に示すように、既存のカーボンナノチューブを用いた電界放出素子は一定の間隔で相互に対向して配置された前面基板11及び背面基板16、これらの二つの基板が対向する面上に各々形成された陽極12及び陰極15、そして陽極12上に塗布された蛍光体13と陰極15上に塗布されたカーボンナノチューブ14とを具備する2極構造を有する。

【0010】 このようなカーボンナノチューブを用いた電界放出表示素子を製作するにあたって、まず問題となるのはカーボンナノチューブの構造を制御することができる方法を用いて、大面積にしかも低コストで蒸着するカーボンナノチューブの製造方法を確立することである。このような目的を達成するためには、気相蒸着法を用いるのが最も容易であると思われる。この気相蒸着法でも、前記したアーク放電法やレーザー溶発法と同様にNiやFeなどの遷移金属やCoSi₂などのシリサイドを触媒として用いてカーボンナノチューブを形成することが可能である。

【0011】 これまでの気相蒸着法で形成されたカーボンナノチューブは、所定のパターンにパターニングされた構造ではなく、前記した2極構造と類似したランダムな形態でカーボンナノチューブを蒸着させて形成されているのが実情である。このような2極構造では、絶縁層やゲートのような3極構造の積層構造を備えて構成する必要がないため、このような気相蒸着法を用いても容易に製作することができる。しかしながら、このように単純な構造を有する2極構造の電界放出素子では電子放出源から放出される電子を制御することが難しいため、表

示素子としての機能を円滑に発揮させることができないものとなっている。

【0012】このような電子放出源から放出される電子を制御することが可能な構造を有するカーボンナノチューブを用いた電界エミッタが、米国特許U.S.5,773,834号に開示されている。この特許で提案されている電界エミッタは、ゲート電極を網状のグリッドを備えた3極構造で構成することによって放出させる電子をある程度制御することができると思われる。しかしながら、このようなカーボンナノチューブは気相蒸着法で容易に製作できる構造ではないという問題がある。

【0013】

【発明が解決しようとする課題】本発明は、前記したような問題点を改善するために創作されたものであって、カーボンナノチューブをスピント(Spind't)工程を用いてカーボンナノチューブで電子放出源を製作できるカーボンナノチューブを用いた3極電子放出素子の製造方法を提供することにその目的がある。

【0014】

【課題を解決するための手段】前記のような目的を達成するために本発明に係るカーボンナノチューブを用いた3極電子放出素子の製造方法は、(a) 背面ガラス基板上に陰極、絶縁層及びゲートが順に形成され、前記ゲートに開口部が形成され、前記絶縁層に前記開口部に対応するマイクロキャビティーが形成された構造の前記ゲート上に傾斜蒸着を行なって分離層を形成する段階と、(b) 前記マイクロキャビティー内の陰極上にカーボンナノチューブを成長させる際に触媒の役割をする触媒層を形成する段階と、(c) 前記触媒層上に傾斜蒸着を行なって前記マイクロキャビティー内の触媒層を除外した残りの部分の触媒層にはカーボンナノチューブを形成させない非反応層を形成する段階(いいかえると、前記触媒層の上に傾斜蒸着を行なうとともに、前記マイクロキャビティー内の所定部分の触媒層を除去し、前記触媒層を除去した残りの部分の触媒層にカーボンナノチューブが形成されない部分である非反応層を形成する段階)と、(d) 前記マイクロキャビティー内の触媒層上にカーボンナノチューブを成長させる段階(いいかえると、前記マイクロキャビティー内の所定部分の触媒層を除去した後に残留してなる触媒層の上にカーボンナノチューブを成長させる段階)と、(e) 前記分離層を除去する段階とを含むことを特徴とする。

【0015】本発明において、前記(a)段階で、前記絶縁層はSiO₂あるいはSi₃N₄をそれぞれ5~10μmの厚さに蒸着して形成し、前記開口部は5~10μmの直径に形成し、前記(b)段階で、前記触媒層はNiあるいはCoを蒸着して形成し、前記(c)段階で、前記非反応層はCr、W、Al、Mo、Siからなる群の中から選ばれた少なくとも一種の物質で形成し、前記(d)段階で、前記カーボンナノチューブはアーク放電あるいはCVD法で成長させることが望ましい。

法あるいはCVD法で成長させることが望ましい。

【0016】また、前記のような目的を達成するために本発明に係るさらに他のカーボンナノチューブを用いた3極電子放出素子の製造方法は、(a) 背面ガラス基板上に陰極、絶縁層及びゲートが順に形成され、前記ゲートに開口部が形成され、前記絶縁層に前記開口部に対応するマイクロキャビティーが形成された構造の前記ゲート上に傾斜蒸着を行なって分離層を形成する段階(いいかえると、背面ガラス基板の上に陰極、絶縁層及びゲートが順に形成され、前記ゲートには開口部が形成され、この開口部の前記絶縁層にはマイクロキャビティーが形成され、こののような構造を有する前記ゲート上に傾斜蒸着を行なって分離層を形成する段階)と、(b) 前記マイクロキャビティー内の陰極上に傾斜蒸着を行なって円錐台状のベース層を形成する段階と、(c) 前記ベース上にカーボンナノチューブ成長の触媒の役割をする触媒層を形成する段階と、(d) 前記触媒層上に傾斜蒸着を行なって前記マイクロキャビティー内の触媒層を除外した残りの部分の触媒層にはカーボンナノチューブを形成させない非反応層を形成する段階(いいかえると、前記触媒層の上に傾斜蒸着を行なうとともに、前記マイクロキャビティー内の所定部分の触媒層を除去し、前記触媒層を除去した残りの部分の触媒層にカーボンナノチューブが形成されない部分である非反応層を形成する段階)と、(e) 前記マイクロキャビティー内の触媒層上にカーボンナノチューブを成長させる段階(いいかえると、前記マイクロキャビティー内の所定部分の触媒層を除去した後に残りしてなる触媒層の上にカーボンナノチューブを成長させる段階)と、(f) 前記分離層を除去する段階とを含むことを特徴とする。本発明において、前記(a)段階で、前記絶縁層はSiO₂あるいはSi₃N₄を5~10μmの厚さに蒸着して形成し、前記開口部は5~10μmの直径に形成し、前記(b)段階で、前記ベース層はAu、Pt、Nbからなる群の中から選ばれた少なくとも一種の物質で形成し、前記(c)段階で、前記触媒層はNiあるいはCoを蒸着して形成し、前記(d)段階で、前記非反応層はCr、W、Al、Mo、Siからなる群の中から選ばれた少なくとも一種の物質で形成し、前記(e)段階で、前記カーボンナノチューブはアーク放電あるいはCVD法で成長させることが望ましい。

【0017】さらに、前記のような目的を達成するために本発明に係るさらに他のカーボンナノチューブを用いた3極電子放出素子の製造方法は、(a) 背面ガラス基板の上に陰極、絶縁層及びゲートが順に形成され、前記ゲートには開口部が形成され、この開口部の前記絶縁層にはマイクロキャビティーが形成され、こののような構造を有する前記ゲート上に傾斜蒸着を行なって分離層を形成する段階と、(b) 前記分離層と前記マイクロキャビティー内の陰極の上に、カーボンナノチューブを成長さ

せる際に触媒の役割を果たす触媒層を形成する段階と、(c) 前記分離層を除去するとともに前記分離層の上の触媒層を除去する段階と、(d) 前記マイクロキャビティー内の触媒層の上にカーボンナノチューブを成長させる段階とを含むことを特徴とする。本発明において、前記段階(a)で、前記絶縁層はSiO₂あるいはSi₃N₄を厚さが5～10μmに蒸着させて形成し、前記開口部は直径が5～10μmに形成し、前記段階(b)で、前記触媒層はNiあるいはCoを蒸着させて形成し、前記段階(d)段階で、前記カーボンナノチューブはアーク放電法あるいはCVD法で成長させることができることを望ましい。

【0018】

【発明の実施の形態】以下、図面を参照しながら本発明に係るカーボンナノチューブを用いた3極電子放出素子の製造方法を詳細に説明する。

【0019】

【実施例】<実施例1>まず、図2ないし図8を参照しながら第1実施例の製造方法を以下のように説明する。図2に示すように、背面ガラス基板1上に透明電極や金属などを用いて陰極2を形成する。図3に示すように、陰極2上にSiO₂、Si₃N₄のような絶縁物質を5～10μmの厚さに蒸着してゲート4と陰極2を絶縁させるための絶縁層3を形成し、その上にゲート4を形成する。図4に示すように、ゲート4上に開口部5を絶縁層3の厚さを考慮して約5～10μm程度の直径に形成する。

【0020】図5に示すように、前記ゲート4をマスクとして適用して絶縁層3を蝕刻してマイクロキャビティー6を形成する。図6に示すように、方向性を有する蒸着装備を用いて傾斜蒸着して分離層(犠牲層)7を形成する。図7に示すように、カーボンナノチューブ成長の触媒の役割をするNi、Coのような物質を垂直に蒸着して前記分離層7の表面と前記マイクロキャビティー部6の底に触媒層9、9'を形成する。図8に示すように、前記分離層7を分離して分離層7の上に形成された触媒層9'を除去する。

【0021】図9に示すように、前記マイクロキャビティー部6の底に形成されている触媒層9上にカーボンナノチューブ10を成長させる。このような触媒層9に対する部分的なカーボンナノチューブ10の成長は特別な工程条件の決定なしにCVD工程下でも可能である。主には触媒層9上にだけにカーボンナノチューブ10が成長するがゲート4上にも形成される。このようにすることによって、マイクロキャビティー6の内部に自己整列されたカーボンナノチューブ10が形成されて3極電界放出素子が得られる。しかし、ゲート4上には無視できる程の大きさまたは厚さを有するカーボンナノチューブが形成される。このようなゲート4上のカーボンナノチューブの成長を防止する方案は以後に説明される実施例

2と実施例3により示される。

【0022】以下の実施例2及び実施例3では、前記実施例1で説明された図2乃至図7の過程を経た基板と図2乃至図6の過程を経た基板が各々適用される。

<実施例2>実施例1で説明された図2ないし図7の過程を経た後、図10に示すように、方向性を有する蒸着装備を用いて傾斜蒸着してキャビティー6内の触媒層9を除外した残りの部分の触媒層9'にはカーボンナノチューブが形成されないように非反応層77をCr、W、Al、Mo、Siなどの物質を用いて形成する。図11に示すように、アーク放電法、CVD法などを用いて前記触媒層9'上にカーボンナノチューブ10を成長させる。この時非反応層77の性質のために非反応層77上にはカーボンナノチューブがほとんど成長しない。図12に示すように、分離層7を除去して分離層7上の触媒層9'と非反応層77を除去する。このようにすれば、マイクロキャビティー6の外部にはカーボンナノチューブが存在しなくなる。このようにすることによって、マイクロキャビティー6の内部に自己整列されたカーボンナノチューブ10が形成されて3極電界放出素子が得られる。

【0023】<実施例3>実施例1で説明された図2ないし図6の過程を経た後、図13に示すように、Au、Pt、Nbのような導電性が良い物質を用いて前記分離層7とマイクロキャビティー部6の底にベース層8、8'を蒸着法により形成する。マイクロキャビティー部6に形成されるベース層8は、陰極2と後続する段階で得られるカーボンナノチューブ10とのより効果的な電気的接触を図ると共に、マイクロキャビティー部6内に形成されるカーボンナノチューブ10のさらに微細な自己整列構造を具現するために適用されるものである。

【0024】図14に示すように、カーボンナノチューブ成長の触媒の役割をするNi、Coのような物質を垂直に蒸着してベース層8、8'上に触媒層9、9'を形成する。図15に示すように、方向性を有する蒸着装備を用いて傾斜蒸着してキャビティー6内の触媒層9を除外した残りの部分の触媒層9'にはカーボンナノチューブが形成されないように非反応層77をCr、W、Al、Mo、Siの物質を用いて形成する。図16に示すように、アーク放電法、CVD法などを用いてカーボンナノチューブ10を成長させる。この状態で分離層7を除去すれば、分離層7と共に溝の外部のベース層8'と触媒層9'及び非反応層77が除去されて図17に示されるようなマイクロキャビティー6の内部に自己整列されたカーボンナノチューブ10が形成される。

【0025】このような製造工程を経て得た3極電界放出素子は、図18に示すように、ゲート電圧Vg及び陽極電圧Vaを印加すれば安定した3極電流電圧特性が得られる。図19は前述した過程中でマイクロキャビティー部の底に触媒層が形成された状態を示すSEM写真

(走査型電子顕微鏡写真)であり、図20と図21は前記触媒層上にカーボンナノチューブが成長した状態を示す。

【0026】図22は、前記のような本発明の方法により得られた3極電界放出素子でゲート電圧Vの変化に係る放出電流(emission current, μ A)の変化を示すグラフであって、各アノード電圧(1400V, 1800V, 1900V)別に放出電流の変化を示す。図22でグラフ中で最下部にある成分はゲートにバイアスがかからない時を示す。

【0027】

【発明の効果】以上説明したように、本発明に係るカーボンナノチューブを用いた3極電界放出素子の製造方法は、陰極上にベース層を形成したりまたはしない状態で触媒層を形成し、スピント法で触媒層上にカーボンナノチューブを成長させる方法である。そのため、マイクロキャビティーの外部の触媒層上には非反応層を形成して、マイクロキャビティーの内部の触媒層上にだけカーボンナノチューブを成長させることによって、分離層を蝕刻して除去する場合にも外部のカーボンナノチューブが存在しないことにより、カーボンナノチューブがマイクロキャビティー内に流れ込むことはない。したがって、生産収率が高まると同時に生産コストが低くなる長所がある。

【図面の簡単な説明】

【図1】既存のカーボンナノチューブを用いた極電界放出素子2の概略的な垂直断面図である。

【図2】図2は、本発明に係るカーボンナノチューブを用いた3極電界放出素子の製造方法における第1実施例の工程図である。

【図3】図3は、本発明に係るカーボンナノチューブを用いた3極電界放出素子の製造方法における第1実施例の工程図である。

【図4】図4は、本発明に係るカーボンナノチューブを用いた3極電界放出素子の製造方法における第1実施例の工程図である。

【図5】図5は、本発明に係るカーボンナノチューブを用いた3極電界放出素子の製造方法における第1実施例の工程図である。

【図6】図6は、本発明に係るカーボンナノチューブを用いた3極電界放出素子の製造方法における第1実施例の工程図である。

【図7】図7は、本発明に係るカーボンナノチューブを用いた3極電界放出素子の製造方法における第1実施例の工程図である。

【図8】図8は、本発明に係るカーボンナノチューブを用いた3極電界放出素子の製造方法における第1実施例の工程図である。

【図9】図9は、本発明に係るカーボンナノチューブを

用いた3極電界放出素子の製造方法における第1実施例の工程図である。

【図10】図10は、本発明に係るカーボンナノチューブを用いた3極電界放出素子の製造方法中で第2実施例の製作工程を示す断面図である。

【図11】図11は、本発明に係るカーボンナノチューブを用いた3極電界放出素子の製造方法中で第2実施例の製作工程を示す断面図である。

【図12】図12は、本発明に係るカーボンナノチューブを用いた3極電界放出素子の製造方法中で第2実施例の製作工程を示す断面図である。

【図13】図13は、本発明に係るカーボンナノチューブを用いた3極電界放出素子の製造方法中で第3実施例の製作工程を示す断面図である。

【図14】図14は、本発明に係るカーボンナノチューブを用いた3極電界放出素子の製造方法中で第3実施例の製作工程を示す断面図である。

【図15】図15は、本発明に係るカーボンナノチューブを用いた3極電界放出素子の製造方法中で第3実施例の製作工程を示す断面図である。

【図16】図16は、本発明に係るカーボンナノチューブを用いた3極電界放出素子の製造方法中で第3実施例の製作工程を示す断面図である。

【図17】図17は、本発明に係るカーボンナノチューブを用いた3極電界放出素子の製造方法中で第3実施例の製作工程を示す断面図である。

【図18】第1実施例の製作工程あるいは第2実施例の製作工程により製作されたカーボンナノチューブを用いた3極カーボンナノチューブ電界放出素子を駆動するための概略的な結線図である。

【図19】本発明の3極カーボンナノチューブ電界放出素子の製造方法によりマイクロキャビティ一部の底に触媒層が形成された状態を示すSEM写真である。

【図20】本発明の3極カーボンナノチューブ電界放出素子の製造方法により触媒層上にカーボンナノチューブが成長した状態を示す。

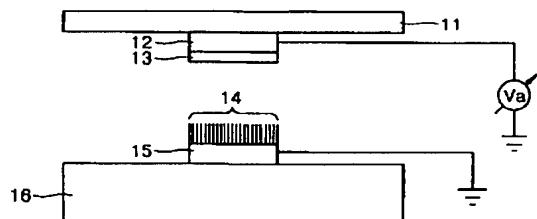
【図21】本発明の3極カーボンナノチューブ電界放出素子の製造方法により触媒層上にカーボンナノチューブが成長した状態を示す。

【図22】本発明の製造方法により得られた3極カーボンナノチューブ電界放出素子のゲート電圧の変化に係る放出電流の変化を示すグラフである。

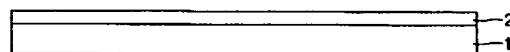
【符号の説明】

- 1 背面ガラス基板
- 2 陰極
- 3 絶縁層
- 4 ゲート
- 5 触媒層
- 10 カーボンナノチューブ

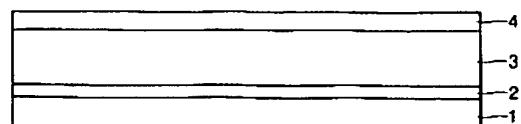
【図1】



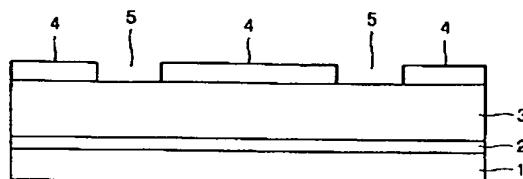
【図2】



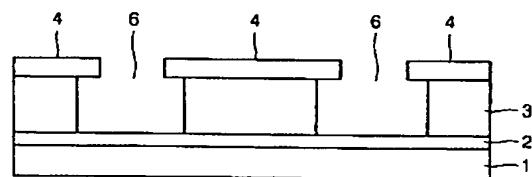
【図3】



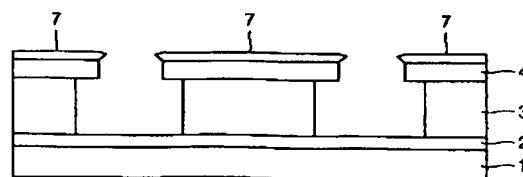
【図4】



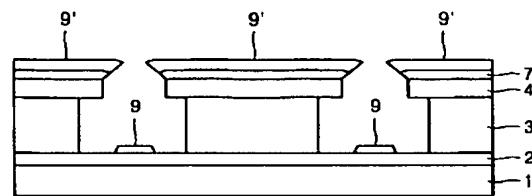
【図5】



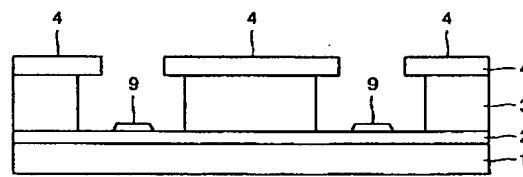
【図6】



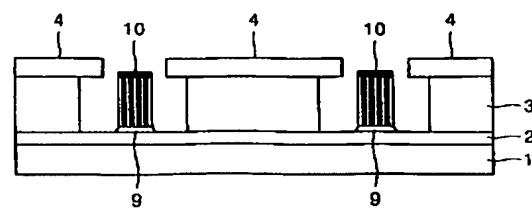
【図7】



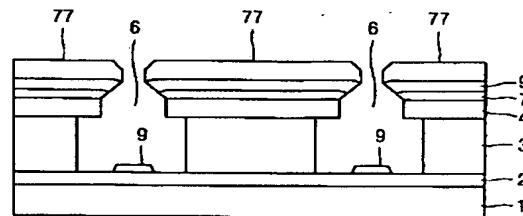
【図8】



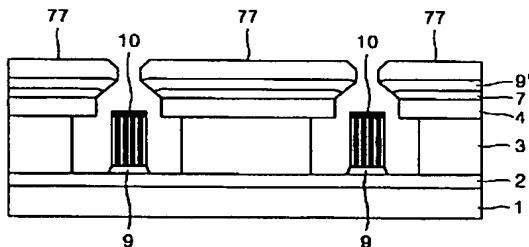
【図9】



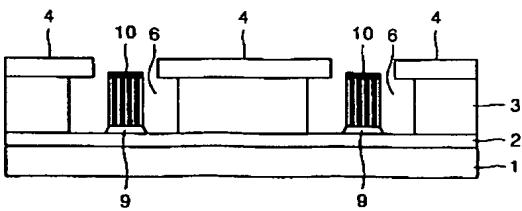
【図10】



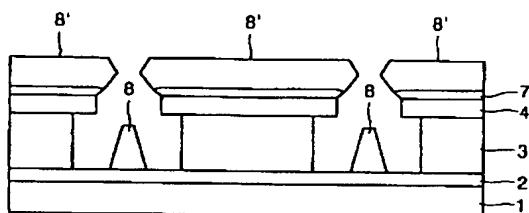
【図11】



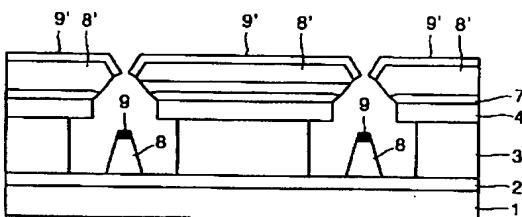
【図12】



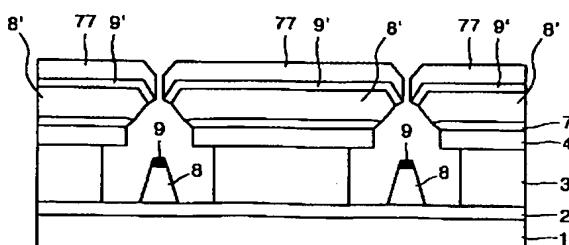
【図13】



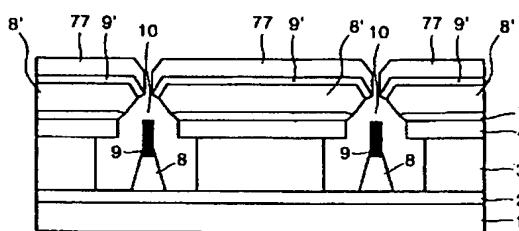
【図14】



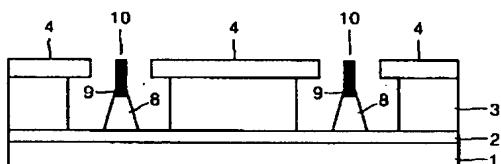
【図15】



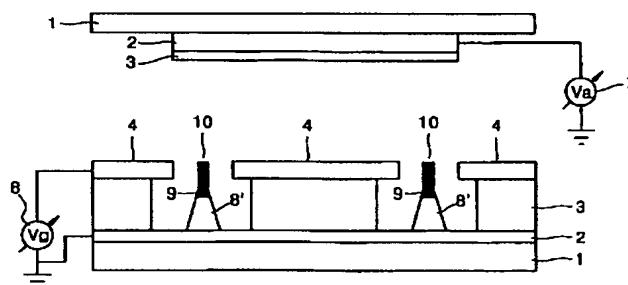
【図16】



【図17】



【図18】



【図19】



SEM/SEL100 5.0KV 12.6μm x 15.0° 15.00 7/10/01 14:26

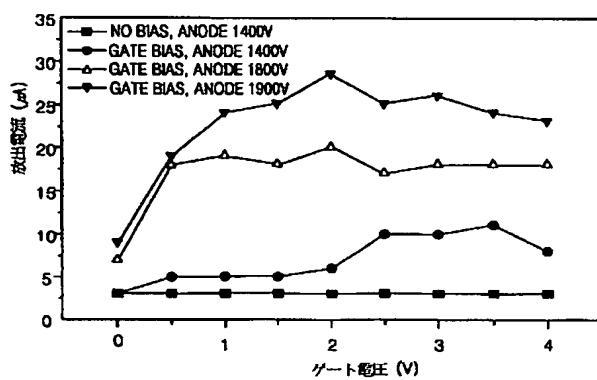
【図20】



【図21】



【図22】



フロントページの続き

(72)発明者 崔 龍 洊
大韓民国 ソウル特別市 冠岳区 奉天7
洞 296番地

(72)発明者 金 鐘▲民▼
大韓民国 京畿道 城南市 益唐区 金谷
洞 181番地 漢撃アパート 305棟 1006
号